

## Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einer variablen Ventiltriebsvorrichtung mit zumindest einer Nockenwelle mit mindestens einer Nockenanordnung, welche einen im Wesentlichen radial bezüglich der Nockenwelle verschiebbaren Nocken und zumindest eine, vorzugsweise zwei nockenwellenfeste Grundkreisscheiben aufweist

Aus der DE 100 53 776 A1 ist ein System zum Antreiben und Steuern eines Nockens für einen Verbrennungsmotor bekannt. Der Nocken ist in der Radialrichtung der Nockenwelle bewegbar und umfasst einen Hubabschnitt, welcher sich vorwärts und rückwärts in der Richtung des zu betätigenden Ventils bewegt, wobei eine Vorrichtung vorgesehen ist, welche den Nocken mit der Nockenwelle in Eingriff bringt und den Nocken von der Nockenwelle löst, wobei dies in Übereinstimmung mit Motorbetriebszuständen erfolgt. Die Verschiebung des Nockens erfolgt dabei hydraulisch.

Aus der DE 42 22 477 A1 ist eine nockenbestückte Ventilbetätigung für ein Hubventil bekannt, welche einen Nocken mit einem in radialer Richtung zwischen einer eingefahrenen und einer ausgefahrenen Position verstellbaren starren Bauteil enthält, welcher an der zugehörigen Nockenwelle geführt ist und dem Anschläge zur Begrenzung seiner Ausfahrtbewegung zugeordnet sind. Die Verschiebung des Nockens erfolgt durch ein in einer Längsbohrung der Nockenwelle zugeführtes Druckmittel.

Hydraulisch betätigte variable Ventiltriebe haben den Nachteil, dass komplexe Regelungssysteme erforderlich sind, und dass zur aktiven Betätigung des Nockens das hydraulische Betätigungsmittel bei relativ hohem Druck bereitgestellt werden muss. Darüber hinaus eignen variable Ventiltriebe meistens nur für eine bestimmte Art von Betätigung, also entweder für hydraulische, mechanische oder für elektrische Betätigung.

Aus den Veröffentlichungen DE 41 41 482 A1, DE 37 37 824 A1 und DE 199 08 435 A1 ist es bekannt, beim Startvorgang Impulsaufladung durchzuführen bzw. den Einlassbeginn in der Startphase zu verzögern, um den Startvorgang zu vereinfachen.

Weiters beschreibt die Veröffentlichung DE 102 17 695 A1 ein Startverfahren mit veränderten Steuerzeiten der Einlassventile zur Verringerung der Kompressionsarbeit während des Startens. Auch die JP 1-1117840 A offenbart die Veränderung der Einlasssteuerzeiten während der Startphase.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und eine einfache variable Ventiltriebseinrichtung vorzuschlagen, welche für externe Betätigung mit verschiedenen Betätigungsmitteln geeignet ist, insbesondere um den Startvorgang einer Brennkraftmaschine zu erleichtern.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass der Nocken durch ein seitlich der Nockenwelle angeordnetes Verstellglied ansteuerbar ist. Der radial verschiebbare Nocken wird somit direkt vom außerhalb der Nockenwelle angeordneten Verstellglied angesteuert. Dies hat den Vorteil, dass neben hydraulischen oder pneumatischen Verstellgliedern auch rein mechanische oder elektrische bzw. elektromagnetische Verstellglieder eingesetzt werden können. Die variable Ventiltriebsvorrichtung ist somit nicht auf eine bestimmte Art von Verstellgliedern eingeschränkt.

Der radial verschiebbare Nocken kann jeweils vor oder auch während der Hubphase vom Verstellglied in die Hubposition gesteuert werden. Vorzugsweise ist das Verstellglied durch eine Betätigungsrolle gebildet, welche beispielsweise über einen Exzenter verstellt werden kann.

Der radial verschiebbare Nocken kann sich über ein federndes Element an der Nockenwelle abstützen und wird nach der Hubphase von diesem elastischen Element wieder in seine Ausgangslage hinter den Grundkreis zurückgeschoben.

Um eine klemmfreie Verschiebung des Nockens zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn der Nocken über Gleitflächen auf kreisförmigen Mitnahmeflächen der Nockenwelle gelagert ist. Radius und Winkellage der Gleitflächen sind so angeordnet, dass beim Beginn der Verschiebung des Nockens keine Selbsthemmung auftritt.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Nocken zweiteilig ausgeführt ist, wobei ein vom Verstellglied beaufschlagter erster Teil in einer Seitenansicht betrachtet, im Wesentlichen gabelförmig ausgebildet ist und einen eine Nockenerhebung aufweisenden zweiten Teil umschließt, wobei erster und zweiter Teil vorzugsweise über Stifte miteinander verbunden sind. Der vom Verstellglied beaufschlagte erste Teil umschließt den eine Nockenerhebungsfläche aufweisenden zweiten Teil U-förmig und wird mit diesem durch zwei Stifte nach dem Aufschieben auf die Nockenwelle verbunden, so dass erster und zweiter Teil des Nockens eine Nockeneinheit bilden.

Das Verstellglied weist zumindest eine Angriffsfläche auf, welche mit einer entsprechenden korrespondierenden Gegenfläche des ersten Teiles des Nockens zusammenwirkt.

Sehr vorteilhaft ist es, wenn das Verstellglied einen im Wesentlichen U-förmigen Querschnitt mit zwei die Angriffsflächen ausbildenden Schenkeln aufweist, welche in einem Abstand voneinander angeordnet sind, welcher größer ist, als die Breite des zweiten Teiles des Nockens. Das Verstellglied ist nur auf den ersten Teil des verschiebbaren Nockens wirksam und mit einem U-förmigen Querschnitt ausgebildet, in welchen die Nockenerhebung des zweiten Teiles eintauchen kann, so dass in der Arbeitstaktphase der Verbrennungskraftmaschine kein Ventilhub stattfinden kann.

Um eine einfache Montage der Einzelteile des Nockens auf der Nockenwelle zu ermöglichen, ist es besonders vorteilhaft, wenn zumindest eine Grundkreisscheibe eine radiale Ausnehmung zur Montage eines Stiftes aufweist, wobei vorzugsweise Ausnehmungen der einen Grundkreisscheibe versetzt zu den Ausnehmungen der anderen Grundkreisscheibe angeordnet sind. Dadurch, dass die radialen Nuten in den beiden Grundkreisscheiben wechselweise vorgesehen sind, wird die Anlage des Ventilstellgliedes an den Grundkreisscheiben nicht unterbrochen und somit Unstetigkeiten vermieden.

Im Rahmen der Erfindung kann weiters vorgesehen sein, dass zumindest eine Grundkreisscheibe eine Rampenerhöhung aufweist, welche gemeinsam mit der Nockenerhebung des zweiten Teiles des Nockens einen Gesamtnocken bildet. Die Rampenerhöhung der Grundkreisscheiben bilden gemeinsam mit der Nockenerhebung des verschiebbaren Nockens den Gesamtnocken aus. Durch die Rampenerhöhungen der Grundkreisscheiben kann auch eine definierte Basisöffnung des Gaswechselventils erzeugt werden.

Im Rahmen der Erfindung ist weiters vorgesehen, dass die Gegenfläche des ersten Teiles eine von einer Zylinderfläche abweichende Form aufweist und eine Steuerfläche definiert, so dass die Ventilhubkurve des zu betätigenden Hubventils sich aus der Form der Gegenfläche des ersten Teiles und der Form der Nockenerhebung des zweiten Teiles des Nockens zusammensetzt, wobei vorzugsweise die Gegenfläche und die Nockenerhebung des Nockens so geformt sind, dass die Ventilhubkurve insbesondere im Bereich des Überganges zwischen dem Grundkreis der Grundkreisscheiben zur Nockenerhebung des Nockens stetig verläuft.

Die vollvariable Ventilbetätigung kann insbesondere dazu eingesetzt werden, um den Startvorgang bei einer Diesel-Brennkraftmaschine zu erleichtern. Um die Verdichtungsendtemperatur zu erhöhen, kann dabei vorgesehen, dass während der Startphase und/oder während Betriebsphasen mit niedrigem Verdichtungsverhältnis der Einlassventilöffnungszeitpunkt nach spät und/oder der Einlassschließzeitpunkt nach früh verstellt wird. Dadurch können ausreichende Zündbe-

dingungen bei abgesenktem Verdichtungsverhältnisse erzielt werden. Die Verdichtungsendtemperatur kann dabei wesentlich erhöht werden, wenn ein mehrmaliges Verdichten mit Rückschüben des Zylinderinhaltes in das Saugrohr erfolgt. Die Verschiebung des Öffnungszeitpunktes bzw. des Schließzeitpunktes kann dabei bis zu  $120^\circ$  Kurbelwinkel oder mehr betragen. Messungen haben gezeigt, dass sich eine signifikante Erhöhung der Ladungstemperatur im Bereich des oberen Totpunktes der Verdichtung von beispielsweise  $70^\circ$  bis  $120^\circ$ , abhängig von der Drehzahl, erzielen lassen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 die erfindungsgemäße Ventiltriebsvorrichtung in einem Schnitt gemäß der Linie I-I in Fig. 2 bei Verstellbeginn,
- Fig. 2 die Ventiltriebsvorrichtung aus Fig. 1 in einem Schnitt gemäß der Linie II-II in Fig. 1,
- Fig. 3 die Ventiltriebsvorrichtung in einer Hubstellung in einem Schnitt gemäß der Linie III-III in Fig. 4,
- Fig. 4 diese Ventiltriebsvorrichtung in einem Schnitt gemäß der Linie IV-IV in Fig. 3,
- Fig. 5 die Ventiltriebsvorrichtung in der Ruhestellung in einem Schnitt gemäß der Linie V-V in Fig. 6; und
- Fig. 6 die Ventiltriebsvorrichtung in einem Schnitt gemäß der Linie VI-VI in Fig. 5.

In den Figuren ist jeweils eine Nockenwelle 1 einer Brennkraftmaschine mit einer variablen Ventiltriebsvorrichtung 2 dargestellt. Die Ventiltriebsvorrichtung 2 weist zwei fest mit der Nockenwelle 1 verbundene Grundkreisscheiben 3, einen im Wesentlichen radial auf der Nockenwelle 1 verschiebbaren Nocken 4 und ein direkt auf den Nocken 4 einwirkendes Verstellglied 5 auf.

Der Nocken 4 besteht aus zwei ineinander geschobenen Teilen, und zwar einem vom Verstellglied 5 beaufschlagten ersten Teil 6 und einem die Nockenerhebung 7 aufweisenden zweiten Teil 8. Erster und zweiter Teil 6, 8 umgreifen Mitnahmeflächen 9 der Nockenwelle 1, wobei der Nocken 4 im Bereich der Mitnahmeflächen 9 Gleitflächen 10 aufweisen. Der erste Teil 6 weist einen gabelförmigen Querschnitt auf, welcher den zweiten Teil 8 umfasst, wie aus Fig. 2 erkennbar ist. Diametral bezüglich der Nockenerhebung 7 weist der erste Teil 6 eine Steuerkurve 11, auf welche das Verstellglied 5 auf den Nocken 4 einwirkt. Das Verstellglied 5 weist im Ausführungsbeispiel eine Betätigungsrolle 12 mit einem im

Wesentlichen U-förmigen Querschnitt mit zwei Schenkeln 23 auf, welche durch Ränder 13 der der Betätigungsrolle 12 gebildet werden. Die Ränder 13 wirken über Angriffsflächen 21 auf durch die Steuerflächen 11 des ersten Teiles 6 des Nockens 4 gebildete Gegenflächen 22 ein. Der Abstand a der Ränder 13 entspricht mindestens der Breite b des zweiten Teiles 8, so dass in der Arbeitstaktphase der Brennkraftmaschine kein Ventilhub stattfinden kann.

Der Nocken 4 ist über ein elastisches Element 14 vorgespannt, wobei das elastische Element 14 den Nocken 4 in die in Fig. 5 und Fig. 6 dargestellte Ruhelage drückt, in welcher nur die Grundkreisscheiben 3 auf das Ventilstellglied 15 einwirken.

Der erste Teil 6 und der zweite Teil 8 des Nockens 4 stützen sich zueinander ab und sind mit Stiften 16 miteinander verbunden. Über das elastische Element 14 wird der Nocken 4 auf eine Null-Hub-Lage gedrückt, wenn über die Zustellrolle 12 kein Kraftschluss erfolgt. Für die Stifte 16 sind in den Grundkreisscheiben 3 radiale Montagenuten 17 vorgesehen. Die Montagenuten 17 sind in den Grundkreisscheiben 3 wechselweise angeordnet, um die Anlage des Ventilstellgliedes 15 an den Grundkreisscheiben 3 nicht zu unterbrechen.

Die Betätigungsrolle 12 ist also so ausgebildet, dass die Nockenerhebung 7 in den Freiraum 18 zwischen den Rändern 13 eintaucht, wenn sich die Brennkraftmaschine im Arbeitstakt befindet. Außerhalb der Zusteuерungsphase und des Ventilhubes ist kein Kontakt zwischen der Betätigungsrolle 12 und dem Nocken 4 vorhanden, so dass das Ventilstellglied 15, welches durch einen Stöbel, Schlepphebel oder Kipphebel gebildet sein kann, in Berührungskontakt mit den auf der Nockenwelle 4 außerhalb der Betätigungsrolle 12 angeordneten fixen Grundkreisscheiben 3 steht.

Die Mitnahmeflächen 9, sowie die Gleitflächen 10, sind bogenförmig ausgeführt. Ihre Winkellage und ihr Radius ist so gewählt, dass eine möglichst reibungsarme Verstellung möglich wird, und dass in jedem Falle Selbsthemmung, insbesondere zu Beginn der Verschiebung des Nockens 4, vermieden wird. Über eine zentrale Bohrung 18 in der Nockenwelle 1 kann problemlos Drucköl zur Schmierung der Gleitflächen 10 zugeführt werden.

Die Grundkreisscheiben 3 können einen Rampenbereich 19 aufweisen, welcher gemeinsam mit der Nockenerhebung 7 des verschiebbaren Nockens 4 den Gesamtnocken bildet. Der Rampenbereich 19 definiert einen Mindesthub des nicht weiter dargestellten Gaswechselventils und ermöglicht einen gleichmäßigen Übergang vom Grundkreis 20 der Grundkreisscheibe 3 auf die Nockenerhebung 7 und umgekehrt. Die Form der Ventilhubkurve wird durch das Zusammenwirken

der Steuerkurve 11 mit der Nockenerhebung 7 des verschiebbaren Nockens 4 während der Hubphase definiert. Durch entsprechende Formgebung der Steuerkurve 11 und der Nockenerhebung 7 wird ein gleichmäßiger Übergang vom Grundkreis 20 auf die Nockenerhebung 7 und umgekehrt ermöglicht.

Fig. 1 zeigt die Ventiltriebsvorrichtung 2 zu Verstellbeginn. Die Betätigungsrolle 12 wird aus der durch Bezugszeichen 12' bezeichneten und strichliert ange deuteten Ruhelage in Richtung der Nockenwelle 1 entsprechend dem Pfeil  $P_1$  verschoben, so dass die Ränder 13 der Betätigungsrolle 12 auf die Steuerkurve 11 des ersten Teiles 6 des Nockens 4 einwirken und den Nocken 4 aus der Ruhelage entgegen der Kraft des elastischen Elementes 14 in den Fig. 3 und Fig. 4 dargestellte Hubposition auslenken. In dieser Hubposition überragt die Nockenerhebung 7 die Grundkreisscheiben 3 und wirkt somit auf das Ventilstellglied 15 ein. Die Nockenwelle 1 läuft dabei in der durch den Pfeil  $P_2$  bezeichneten Drehrichtung um.

Die Montage des ersten Teiles 6 und des zweiten Teiles 8 auf der Nockenwelle 1 erfolgt durch Aufschieben derselben auf die Mitnahmeflächen 9 von verschiedenen Seiten. Wird der Nocken 4 entgegen der Kraft des elastischen Elementes 14 in die in Fig. 3 dargestellte Hubposition gedrückt, so können die Stifte 16 durch die radialen Nuten in Richtung der Achse 1a der Nockenwelle 1 eingesetzt werden.

Der Vorteil des variablen Ventiltriebes 2 ist, dass durch die externe Betätigung mittels des Verstellgliedes 5 eine hohe Zahl an Variationsmöglichkeiten möglich ist. Das Verstellglied 5 kann pneumatisch, hydraulisch, elektrisch, elektromagnetisch, mechanisch oder in Kombination davon betätigt werden.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbare Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hautanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf das (die) Ausführungsbeispiel(e) der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erfinderisch sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Brennkraftmaschine mit einer variablen Ventiltriebsvorrichtung mit zumindest einer Nockenwelle mit mindestens einer Nockenanordnung, welche einen im Wesentlichen radial bezüglich der Nockenwelle verschiebbaren Nocken und zumindest eine, vorzugsweise zwei nockenwellenfeste Grundkreisscheiben aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Nocken durch ein seitlich der Nockenwelle angeordnetes Verstellglied ansteuerbar ist.
2. Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Nocken jeweils vor oder während einer Hubphase vom Verstellglied von einer Ruheposition in eine Hubposition steuerbar ist.
3. Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der auf der Nockenwelle im Wesentlichen radial verschiebbare Nocken entgegen der Hubposition über ein federndes Element bezüglich der Nockenwelle abgestützt ist und nach der Hubphase von diesem federnden Element in seine Ruhestellung zurückverschiebbar ist, wobei vorzugsweise der Nocken sich in der Ruhestellung innerhalb des Grundkreises der Grundkreisscheibe befindet.
4. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Nocken über Gleitflächen auf kreisförmigen Mitnahmeflächen der Nockenwelle gelagert ist.
5. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Nocken zweiteilig ausgeführt ist, wobei ein vom Verstellglied beaufschlagter erster Teil in einer Seitenansicht betrachtet, im Wesentlichen gabelförmig ausgebildet ist und einen eine Nockenerhebung aufweisenden zweiten Teil umschließt, wobei erster und zweiter Teil vorzugsweise über Stifte miteinander verbunden sind.
6. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verstellglied zumindest eine Angriffsfläche aufweist, welche mit einer entsprechenden korrespondierenden Gegenfläche des ersten Teiles des Nockens zusammenwirkt.
7. Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verstellglied einen im Wesentlichen U-förmigen Querschnitt mit zwei die Angriffsflächen ausbildenden Schenkeln aufweist, welche in einem Abstand voneinander angeordnet sind, welcher größer ist, als die Breite des zweiten Teiles des Nockens.

8. Brennkraftmaschine, insbesondere nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verstellglied durch eine Betätigungsrolle gebildet ist, wobei die Betätigungsrolle zumindest einen flanschartigen Rand aufweist, dessen Mantelfläche die Angriffsfläche ausbildet.
9. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Grundkreisscheibe eine radiale Ausnehmung zur Montage eines Stiftes aufweist, wobei vorzugsweise Ausnehmungen der einen Grundkreisscheibe versetzt zu den Ausnehmungen der anderen Grundkreisscheibe angeordnet sind.
10. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Grundkreisscheibe eine Rampenerhebung aufweist, welche gemeinsam mit der Nockenerhebung des zweiten Teiles des Nockens die Ventilhubkurve für zumindest ein Gaswechselventil definiert.
11. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gegenfläche des ersten Teiles eine von einer Zylinderfläche abweichende Form aufweist und eine Steuerkurve definiert, so dass die Ventilhubkurve des zu betätigenden Gaswechselventils sich aus der Form der Steuerkurve des ersten Teiles und der Form der Nockenerhebung des zweiten Teiles des Nockens zusammensetzt.
12. Brennkraftmaschine, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerkurve und die Nockenerhebung des Nockens so geformt sind, dass die Ventilhubkurve insbesondere im Bereich des Überganges zwischen dem Grundkreis der Grundkreisscheiben zur Nockenerhebung des Nockens stetig verläuft.
13. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Diesels-Brennkraftmaschine, mit vollvariablen Ventiltrieb, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Startphase und/oder während Betriebsphasen mit niedrigem Verdichtungsverhältnis der Einlassventilöffnungszeitpunkt nach spät und/oder der Einlassschließzeitpunkt nach früh verstellt wird.





